

Возможности интенсификации процессов регенерации УФ-мембран

Д-р техн. наук **Ж.И.КУЗИНА**,
Е.Б.ХАРИТОНОВА,
 канд. техн. наук **Б.В.МАНЕВИЧ**,
Т.В.КОСЬЯНЕНКО
 ВНИИ молочной промышленности

Развитие мембранных технологий за последние 20–30 лет определяется непрерывно растущими потребностями рынка. Среди мембранных процессов на предприятиях молочной промышленности достаточно широко внедряются баромембранные технологии, в частности ультрафильтрация (УФ). Использование различных мембранных элементов и установок с разнообразными типами мембранных модулей позволяет решать множество практических задач: получение концентратов сыровоточных белков из разных видов сыровотки, производство ультрафильтрационного творога, концентрирование различных продуктов, в том числе нормализованного молока, стандартизация по белку и т.д. С позиций проведения санитарных обработок актуальным и перспективным направлением представляется очистка отработанных моющих и чистящих растворов с целью возврата их в производство для дальнейшего использования. И здесь наиболее востребованы процессы ультра- и нанофильтрации.

Несмотря на совершенствование технологий безразборной (СИП) мойки оборудования с использованием систем механической очистки, применения двухфазного потока и других инновационных решений, вопрос качественной регенерации (очистки) мембран до сих пор актуален и требует дополнительных исследований. Систематическая мойка и дезинфекция УФ-элементов необходима как для достижения необходимых санитарных показателей, так и поддержания производительности установок и их эффективной работы в целом. Применение мембран из различных полимерных материалов (полисульфона, полиэфирсульфона, полиакрилонитрила, полисульфонамида, полиэстерсульфона, фторопластов и др.) и металло-

керамики значительно расширило возможности выбора условий и режимов их регенерации. Главным этапом регенерации мембран при работе установок на молочном сырье является щелочная обработка, способствующая гидролизу белков как основных компонентов отложений на элементах. Несмотря на высокую устойчивость современных мембран к щелочной среде (рН в пределах 12,5–13,1), температуре воздействия 70–80 °С, а для некоторых материалов допускается до 100 и даже 120 °С при стерилизации насыщенным паром в автоклавах, обработке растворами щелочных электролитов в достаточной высокой концентрации (до 1,5–2 % гидроксида натрия), не всегда обеспечивается полнота удаления белковых загрязнений с поверхности мембран и тем более из их пор.

Использование поверхностно-активных веществ (ПАВ) способствует значительному повышению моющей способности щелочей за счет усиления смачивающих и эмульгирующих свойств рабочих растворов [1, 2]. В связи с этим специалисты промышленного клининга, производители специальных моющих средств [3, 4] и некоторые изготовители мембранной техники при санитарной обработке баромембранного оборудования рекомендуют применять щелочные композиции в смеси с активны-

ми добавками к рабочим растворам. Достаточно часто использование подобных технологий связано с тем, что наиболее рациональные и эффективные ПАВ неустойчивы в концентрированных щелочных растворах (до 30–40 % NaOH). Примером могут служить щелочное средство «Divos 124» и добавка к нему «Divos ADD»; «Divos 110» и добавка «Divosan Hypochlorite»; щелочные средства «РЗ-ультрасил 130 или 115» с добавкой «РЗ-ультрасил 02»; щелочные «РЗ-ультрасил 110 или 69» с добавкой «РЗ-ультрасил 67», содержащей кроме ПАВ комплекс ферментов; щелочное средство «Катрил УФ» и добавка к нему «Катрил М»; чистый гидроксид натрия с добавками «РАМП» или «РОМ-АЦ-1» и ряд других. Агрегатное состояние порошкообразных добавок «РАМП» и «РОМ-АЦ-1» обуславливает технологическое неудобство их применения, особенно с системами автоматического дозирования при приготовлении рабочих растворов. Как ранее было установлено, алифатические (предельные и непредельные) углеводороды более приемлемы для контакта с УФ-мембранными элементами, чем циклические и ароматические, и, в частности, большинство анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) индифферентны по отношению к основным материалам мембран.

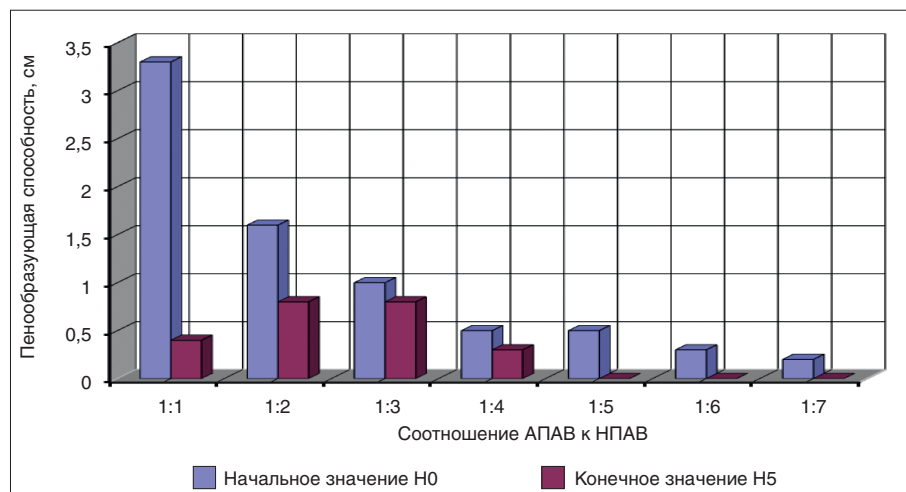


Рис. 1. Пенообразующая способность смесей АПАВ и НПАВ при их различном соотношении

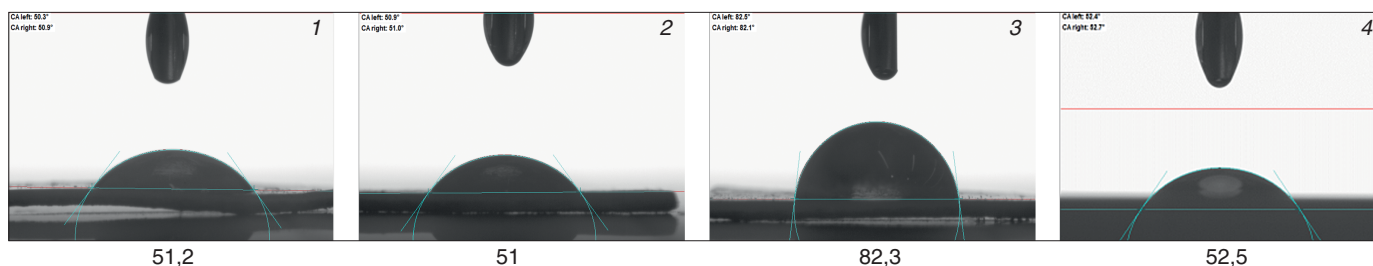


Рис. 2. Краевой угол смачивания растворами ПАВ и мощными композициями тест-поверхности УФ-мембраны (материал – полисульфон): 1 – 2-этилгексил сульфат натрия; 2 – смесь АПАВ и НПАВ в соотношении 1:7; 3 – смесь NaOH (1 %) + комплексонат (0,03 %); 4 – щелочная мощная композиция: NaOH (1 %) + комплексонат (0,03 %) + смесь АПАВ и НПАВ в соотношении 1:7

Необходимо отметить, что появление новых видов экологически безопасных ПАВ и результаты зарубежных исследований [5, 6] создают предпосылки для использования этих субстанций и, соответственно, создания новых высокоэффективных композиций мощных средств, в том числе с неионогенными ПАВ (НПАВ), не блокирующими поры мембран.

Так как выбор мощных агентов должен осуществляться не только с учетом физико-химических свойств образующегося поверхностного слоя, загрязняющего мембрану, но и в зависимости от материала мембраны, исследован ряд ПАВ на их индифферентность по отношению к полимерным полисульфоновым мембранам. Для исследований эффективности мощных средств этот материал интересен тем, что он имеет хорошую температурную стабильность (до 100 °С), химически стоек, выдерживает широкий диапазон pH (от 2 до 12) и в то же время умеренно гидрофобен, что способствует значительной адсорбции белковых загрязнений на его поверхности. Таким образом, искусственно создавались предпосылки для более жестких условий регенерации мембранных элементов, так как гидрофильные материалы снижают адсорбцию органических соединений на мембранах.

В результате исследований выявлен ряд рациональных НПАВ и АПАВ по индифферентности к материалу мембраны. Поскольку большинство АПАВ обладают высокой пенообразующей способностью, а для циркуляционного способа мойки необходимы непенные моющие средства, проведены эксперименты по подбору оптимального соотношения АПАВ и НПАВ. Учитывая, что АПАВ неустойчивы в высококонцентрированных щелочных растворах, следовало одновременно подобрать солицилизатор, способствующий введению

анионного ПАВ в концентрированный раствор гидроксида натрия. Результаты экспериментов представлены на рис. 1.

Эмпирическим методом была создана поверхностно-активная добавка, практически не обладающая пенообразованием и устойчивая в концентрированных растворах гидроксида натрия (до 40 % о.в.). В результате исследований поверхностного натяжения растворов биоразлагаемых ПАВ наилучшие результаты получены при использовании в качестве неионогенного ПАВ – этоксилата и алкоксилата разветвленных спиртов Гербе, ионогенного ПАВ – 2-этилгексил сульфата натрия и мощной добавки на основе АПАВ и НПАВ в соотношении 1:7. С целью определения их смачивающих свойств определены значения краевого угла смачивания АПАВ, выявленного в процессе исследований индифферентности к мембранам, активной добавки в виде смеси АПАВ и НПАВ в соотношении 1:7, щелочной основы (гидроксида натрия и комплексоната) и созданной щелочной композиции на основе гидроксида натрия, комплексоната и рациональной активной добавки. Результаты, полученные с помощью Data Physics (модель OCA 15 EC), представлены на рис. 2.

В результате исследований разработанная щелочная композиция для регенерации УФ-мембран на основе полисульфона. В стендовых экспериментах установлено, что эта композиция может успешно использоваться для регенерации мембран, изготовленных из гидрофильного полиэфирсульфона, поливинилиденфторида и практически всех материалов, устойчивых к высоким значениям pH.

Экономические затраты на очистку мембран указанным моющим составом невелики. Процедура мойки заключается в следующем: вытесняют остатки продукта водой до отсутствия опалесценции, затем подают в систему уста-

новки щелочной раствор в виде вышеуказанной смеси и рециркулируют его в течение 50–60 мин. Далее вытесняют щелочной раствор водой и промывают 0,3–0,5 %-ным раствором азотной кислоты или кислотной композиции на ее основе в течение 30–40 мин и вновь промывают водой от остатков кислотного раствора. При использовании полимерных или металлокерамических мембран после кислотной мойки происходит незначительная потеря пропускной способности мембран за счет высокоэластической деформации, которая свойственна полимерам при воздействии на них кислотных сред. Однако указанная химическая реакция структуры мембран устраняется при повторной щелочной мойке в течение 20–30 мин. Затем мембраны вновь ополаскивают подготовленной водой от остатков щелочного раствора и дезинфицируют.

МГИ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочаров, В.В. О биоразлагаемости этоксилатов высших жирных спиртов различного происхождения / В.В.Бочаров // Бытовая химия. 2006. № 23. С. 32–33.
2. Плетнёв, М.Ю. Поверхностно-активные вещества и моющие композиции / М.Ю.Плетнёв. – М.: Химия, 2000. – 273 с.
3. Ханумян, А.А. Особенности мойки установок мембранной фильтрации / А.А.Ханумян // Переработка молока. 2010. № 3. С. 56–57.
4. Канунникова, Е. Очистка керамических мембран в установке ультрафильтрации / Е.Канунникова // Переработка молока. 2008. № 12. С. 32–33.
5. Arend J. Kingma. Compatibility of nonionic surfactants with membrane materials and their cleaning performance / Arend J. Kingma // Food and Bioproducts processing. 2015, a3 (2015) 304–309.
6. Muthukumarana, S. The optimisation of ultrasonic cleaning procedures for dairy fouled ultrafiltration membranes / S.Muthukumarana [et al.] // Ultrasonics Sonochemistry. 2005. 12. P. 29–35.